

50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau
von Makro bis Nano /
Mechanical Engineering
from Macro to Nano**

Proceedings

Fakultät für Maschinenbau /
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Impressum

Herausgeber:	Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
Redaktion:	Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten Andrea Schneider Fakultät für Maschinenbau Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß, Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges, Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer, Dipl.-Ing. Silke Stauche
Redaktionsschluss: (CD-Rom-Ausgabe)	31. August 2005
Technische Realisierung: (CD-Rom-Ausgabe)	Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau Dipl.-Ing. Christian Weigel Dipl.-Ing. Helge Drumm Dipl.-Ing. Marco Albrecht
Technische Realisierung: (Online-Ausgabe)	Universitätsbibliothek Ilmenau ilmedia Postfach 10 05 65 98684 Ilmenau
Verlag:	 Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V. Werner-von-Siemens-Str. 16 98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe):	3-932633-98-9	(978-3-932633-98-0)
ISBN (CD-Rom-Ausgabe):	3-932633-99-7	(978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:
<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Ludwig Dorn / Heinz Bartsch

Ein kybernetischer Ansatz zur sicherheitlichen Betrachtung von Transportträger-Arbeitssystemen

ABSTRACT

Im Fokus des vorliegenden Beitrags steht der augenblickliche Entwicklungsstand eines Konstrukts zur sicherheitlichen Beeinflussung von Verkehrsflugzeug-Arbeitssystemen. Es wird vorgeschlagen, mit Hilfe eines kybernetischen Ansatzes die komplexe Arbeitsumgebung von Cockpitbesatzungen möglichst ganzheitlich zu fassen. Dabei soll der Charakter von Arbeitskennlinien zu einer Aussage über den Ordnungszustand des Arbeitssystems im Arbeitsprozess führen. Es wäre wünschenswert, den Grad des aktuell vorhanden Schutzes vor Gefahren (für den Erhalt der Gesundheit¹⁾ seiner Insassen) daraus erkennen zu können.

PROBLEMSITUATION UND ZIELSETZUNG

Die zunehmende Tendenz eines schnellen ökonomischen Abgleichs mit Märkten und damit das wirtschaftliche Streben von Luftverkehrsgesellschaften nach immer komprimierteren Prozessabläufen, die zunehmende Flugverkehrsdichte und der rasante Automatisierungsschub im Cockpit sind nur einige Aspekte, die eine andere Anpassung von Cockpitpersonal an veränderte Arbeitsbedingungen [1] erfordern. Andererseits ist der Mensch mit seiner Fehlbarkeit, seinem Irren und seinen begrenzten Ressourcen fest in dem Wirkungsgefüge von Ereignissen verankert, die zu Zwischenfällen bzw. zu Unfällen in der Verkehrsluftfahrt führen. Es stellt sich die Frage, in wieweit das Maß und die Art der Arbeitsbelastungen von Cockpitbesatzungen mit dem hohen gesellschaftlichen Anspruch an einen sicheren Betrieb des Transportträgers Verkehrsflugzeug (noch) vereinbar ist. Dabei soll unter „vertretbarem Maß“ nicht nur eine zumessbare Menge an Einwirkungen auf den arbeitenden Menschen verstanden werden. Vielmehr wirken u. a. auch latent individual- und sozialetische Einflusseigenschaften als Belastungen auf das Arbeitssystem ein. Das hier angestrebte Oberziel besteht in der Entwicklung eines Konstrukts zur sicherheitlichen Beeinflussung des Transportträger-Arbeitssystems ‚Verkehrsflugzeug‘.

AUSGANGSVORAUSSETZUNGEN

Zur Bearbeitung der oben aufgeführten Fragestellung wird ein kybernetischer Ansatz genutzt. Im Hinblick auf die spätere Möglichkeit einer ganzheitlichen Betrachtung von Arbeitsprozessen bezieht er sich auf ein dissipatives Transportträger-Arbeitssystem (hier Verkehrsflugzeug) mit

seinen Elementen, das eine engere Abgrenzung zum Flugarbeitssystem nach *BARTSCH* [2] darstellt. Die Erweiterung des von den Autoren vorgestellten ersten Konstrukts [3] hierzu basiert zunächst auf:

- der Annahme von rationalen Eigenschaften des menschlichen Wirkens,
- der in Anlehnung an die Position von *BARTSCH* zum Menschenbild vereinfacht abgeleiteten Bedingung: Es kann dann kein Schutz des Arbeitssystems vor Bedrohung existieren, wenn sich die Flugzeugbesatzung in einem Zustand befindet, in dem sie nicht mehr zur Regulierung der eigenen Beziehung mit der Umwelt und zur Selbstregulation fähig ist.
- dem Bestreben, mit Hilfe geeigneter Bewertungskriterien die Bereitstellungsgüte von technischen-, organisatorischen-, personbezogenen Voraussetzungen (TOP-Modell) zu erfassen, um die Umgebungsbedingungen zur Schaffung von höherer Betriebssicherheit einzuarbeiten.

KURZBESCHREIBUNG DES MATHEMATISCHEN KONSTRUKTS

Aus den Betriebsphasen des Arbeitssystems, den jeweiligen Arbeitsinhalten, Aufgaben und daraus resultierenden Arbeitsanforderungen ergeben sich Arbeitsbelastungen der Cockpitbesatzung unter zusätzlicher Einwirkung von äußeren Randbedingungen (Bereitstellungsgüte von Informationen, Betriebsmitteln u. Sachen, Einflüsse aus Umgebungssystemen etc.).

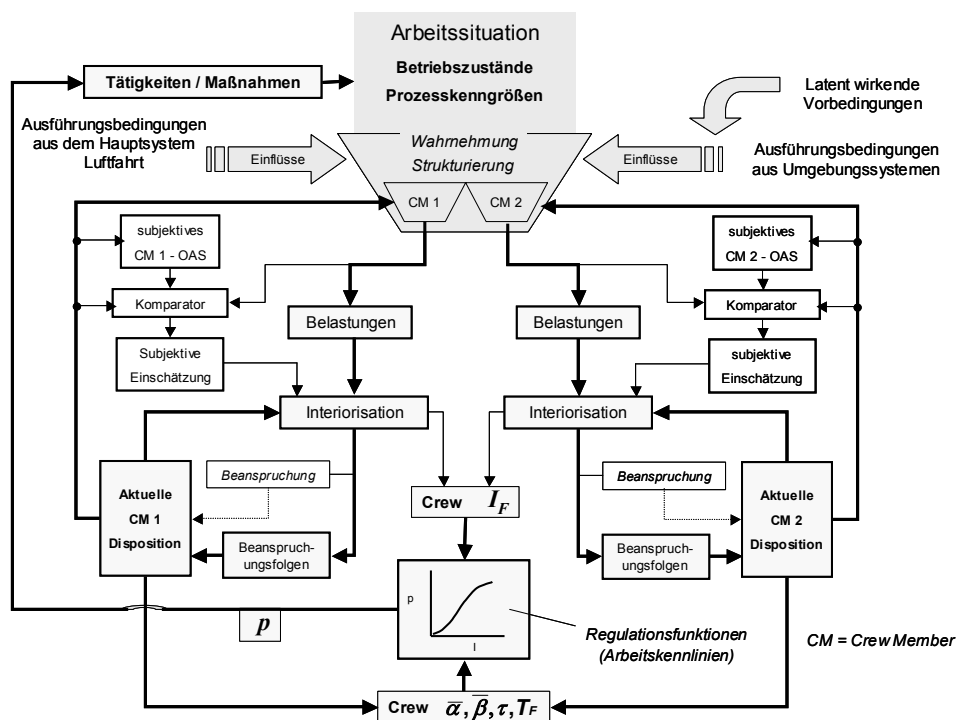


Abbildung des hypothetischen rückgekoppelten Subsystems Flugbesatzung im Arbeitsprozess eines zweistelligen Transportträger-Arbeitssystems (Verkehrsflugzeug)

Wie in der Abbildung schematisch dargestellt, werden Informationen aus diesen vielschichtigen und mehrdimensionalen Einflüssen von den Arbeitsplatzinhabern in Abhängigkeit der jeweiligen individuellen Disposition wahrgenommen und entsprechend der Arbeitsplatzposition strukturiert. Die Wahrnehmungen werden in einem kognitiven Prozess durch den sicherheitsorientierten Vergleich des objektiven Betriebsrisikos mit einem diesbezüglichen subjektiven operationellen Abbildungssystem (OAS) verarbeitet [3]. Die Belastungen werden entsprechend ihrer Wirkungsrichtung unter Berücksichtigung der Zeit ihres Auftretens zusammen mit der subjektiven Einschätzung des objektiven Betriebsrisikos interiorisiert²⁾ und zusammengeführt. Die entstandene (vereinigte) Hilfsgröße soll als ein z. Zt. noch nicht näher bestimmter kollektiver Fluss an Interiorisationsgrößen gesehen werden, der als Interiorisationsstrom den hypothetischen Regulationsfunktionen zugeführt wird. In einem Referenzzustand stehen Interiorisationsstrom und Regulationsaktivität der Flugbesatzung im Gleichgewicht (Arbeitspunkt). Die Änderung des Interiorisationsstroms soll in dem vorliegenden Beitrag die Modifikation der Regulationsaktivität³⁾ zur Initiation von Schutzmaßnahmen darstellen. Dabei werden als Schutzmaßnahmen Entscheidungen, Selektionen und Aktivierung effizient wirksam werdender Handlungen⁴⁾ zum Schutz vor Gefahren (Motive als Oberziel [4]) verstanden. Die Schutzmaßnahmen werden innerhalb der Crew abgestimmt, wobei die Handlungsabstimmung (u. a. durch Kommunikation, Multi Crew Coordination und Crew Ressource Management) ein wesentliches Element der inneren Selbstorganisation des Arbeitssystems darstellt. Die Qualität der Cockpitcrewinteraktion [5] beeinflusst somit erheblich das Entstehen wirksamer Schutzmaßnahmen und wird als Steuergröße in das mathematische Konstrukt eingeführt. Effekte aus Arbeitsermüdung bzw. Regeneration der Arbeitsplatzinhaber können mit Hilfe eines veränderbaren Trägerkapazitätsniveaus⁵⁾ des Arbeitssystems dargestellt werden. Die Regulationsaktivität beeinflusst wiederum die Betriebszustände (bzw. die gesamte Betriebssituation) des Verkehrsflugzeuges, womit die Rückkoppelung vollzogen ist.

In Erweiterung der Herleitung aus [3] kann als Wirkung der zeitlichen Änderung des Interiorisationsstroms, ausgehend von einem Arbeitspunkt, die auf die aktuelle (kollektive) Trägerkapazität bezogene relative Regulationsaktivität $p = P_F / T_F$ der Cockpitbesatzung in diskreter Form angegeben werden mit:

$$p_{n+1} = p_n + [\bar{\alpha} \cdot p_n \cdot (1 - \frac{\bar{\beta}}{\alpha} p_n)] \cdot \frac{dI_F}{dt} \cdot \tau \quad (1.0)$$

Nach dem jetzigen Kenntnisstand bezeichnen $\frac{dI_F}{dt}$ die Systembelastung über der zeitlichen Änderung des Interiorisationsstroms, $\bar{\alpha}$ die Systemsteuergrösse zur Abbildung von Charakter- und Leistungsmerkmalen der Cockpitcrew, $\bar{\beta}$ die Systemsteuergrösse zur Abbildung der Besatzungsinteraktionsqualität. Mit Einarbeitung der Crew-Reaktionszeiten τ und der aktuellen Trägerkapazität T_F des Systems kann in numerischen Simulationsrechnungen der jeweilige Charakter der Arbeitskennlinien als sicherheitlicher Indikator für den Ordnungszustand des Arbeitssystems angesehen werden.

AUSBLICK

Die Entwicklung des Ansatzes nährt die Hoffnung, dass nach einer erfolgreichen Validierung des Konstrukts in Zukunft mit einer verbesserten Flugsicherheit und damit auch einer erhöhten Kundenzufriedenheit gerechnet werden kann.

-
- 1) Im Sinne der WHO-Definition impliziert Gesundheit u. a. auch soziales Wohlbefinden ([5], S.46).
 - 2) Als Interiorisation wird (hier verkürzt dargestellt) ein Prozess der Überführung von durch den Menschen wahrgenommene, ursprünglich äußere Sachlagen in innere psychische bzw. kognitive Funktionen verstanden. Diese Verinnerlichung beschreibt das „innerliche Brechen“ äußerer Belastungen zu Beanspruchungsfolgen in Abhängigkeit von aktuellen menschlichen Leistungsvoraussetzungen ([5], S. 15).
 - 3) Als Regulationsaktivität P_F wird das kollektive Maß an Entscheidungen, Selektionen und Aktivierungen von antriebsmittelbaren und wirksam werdenden Handlungen bzw. Tätigkeiten zum Betrieb, Kontrolle und Schutz des Arbeitssystems im Arbeitsprozess verstanden ([3]; S. 202).
 - 4) Handlungen bilden die kleinste psychologische Einheit der willensmäßig gesteuerten Tätigkeiten. Die Abgrenzung diese Handlungen erfolgt durch das bewusste Ziel, das die mit einer Vornahme verbundene Vorwegnahme des Ergebnisses der Handlung darstellt. Nur kraft ihres Ziels sind Handlungen selbständige, abgrenzbare Grundbestandteile oder Einheiten der Tätigkeit ([4], S. 67).
 - 5) Die Trägerkapazität T_F bezeichnet die maximal mögliche Regulationsaktivität der Cockpitbesatzung aufgrund begrenzter Ressourcen.

Literaturhinweise:

- | | |
|---------------------------|---|
| [1] Dorn, L. | Arbeitsanforderungen an Flugzeugbesatzungen = Risikofaktor der Zukunft?; Beitrag zum 7. FHP- Symposium; Rhumspringe 2003 |
| [2] Bartsch, H. | Flugsicherheit aus arbeitswissenschaftlicher Sicht; Beitrag zum 9. FHP- Symposium; Rhumspringe 2005 |
| [3] Dorn, L.; Bartsch, H. | Zum Einfluss von Arbeitsanforderungen an Cockpitbesatzungen auf die Flugsicherheit; In: Grant, M. (Hrsg.); Verlässlichkeit der Mensch-Maschine-Interaktion; DGLR- Bericht 2004-03; S. 197- 210; Bonn, 2004; ISBN 3-932182-36-7 |
| [4] Hacker, W. | Allgemeine Arbeitspsychologie: psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten; S. 70; 1. Auflage; Bern, Göttingen, Toronto, Seattle; Verlag Huber 1998; ISBN 3-456-82917-5 |
| [4] Häusler, R. et al. | Behavioral Markers in Analyzing Team Performance of Cockpit Crews; In: Dietrich, R. & Childress, T. M. (Hrsg.); Group Interaction in High Risk Environments; GIHRE Project; p. 25; Ashgate Publishing Ltd.; Aldershot, 2004; ISBN 0-7546-4011-6 |
| [5] Bartsch, H. | Skript Arbeitswissenschaft/Arbeitsgestaltung; BTU Cottbus; Lehrstuhl Arbeitswissenschaft, 2003 |

Autorenangaben:

Dipl.-Ing. Ludwig Dorn
Fachhochschule Aachen; FB6
Hohenstaufenallee 6
52064 Aachen
Mail: dorn@fh-aachen.de

Prof. Dr. rer. oec. habil. et Dr.-Ing. et Dr.h.c. Heinz Bartsch
Seidelstraße 7
18059 Rostock
Mail: bartsch@tu-cottbus.de
HeinzBartsch@web.de